

ваний. Но уже сейчас можно сказать, что полученные результаты коррелируются с результатами теоретического моделирования [3, 4]

Список литературы

1. Ардашев К.А. Методы и приборы для исследования проявлений горного давления: справочник / К.А. Ардашев, В.И. Ахматов, Г.А. Катков. – М.: Недра, 1981. – 128 с.
2. Мальцев Д.В. Обоснование параметров буровзрывных работ при разрушении массива ураносодержащих руд: дис. ... к-та техн. наук: 05.15.02: – Д., 2013. – 177 с. защищена 26.04.2013; утв. 04.07.2013 / Д.В. Мальцев – Днепропетровск: ГВУЗ НГУ, 2002. – 177 с.
3. Мальцев Д.В. Ресурсосберегающая технология буровзрывных работ для условий Ватутинского урановорудного месторождения [текст]: моногр. / Мальцев Д.В., Хоменко О.Е. – Днепропетровск: Державний ВНЗ «НГУ», 2013. – 121 с.
4. Хоменко О.Е. Технология подземной добычи урановых руд буровзрывным способом / О.Е. Хоменко, Д.В. Мальцев // Науковий вісник НГУ. – 2007. – №. 1. – С. 13 – 16.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ковалевською І.А.
Надійшла до редакції 17.11.2014*

УДК 622.411.5:539.215

© В.И. Самуся, В.Е. Кириченко, Н.М. Трипутень

РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОРСКОЙ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

Статья посвящена разработке машиностроительного комплекса для добычи и транспортирования полиметаллических руд с больших глубин Мирового океана, который состоит из донного добычного модуля и системы насосного гидроподъема. Приведенные технические решения позволяют исключить забутовку транспортного трубопровода гидроподъема горной массой, повысить надежность работы и производительность комплекса, а также снизить нагрузку на экосистему.

Стаття присвячена розробці машинобудівного комплексу для видобутку і транспортування поліметалічних руд з великих глибин Світового океану, який складається з донного добычного модуля і системи насосного гідропідйому. Наведені технічні рішення дозволяють виключити забутовку транспортного трубопроводу гідропідйому гірничою масою, підвищити надійність роботи і продуктивність комплексу, а також знизити навантаження на екосистему.

The article is devoted to the development of machine-building complex for extraction and transportation of poly-metallic ores from great depths of World Ocean, which consists of a bottom-extraction module and a pump hydraulic hoist system. The technical solutions make it possible to eliminate the backing of transportation pipeline with a mass of rock, and to improve the reliability and performance of the complex and reduce the load on the ecosystem.

Современные мировые тенденции в развитии техники и технологий, а также тенденции к истощению традиционных источников некоторых видов цветных металлов стимулируют развитие новой области горного дела – до-

бычи полиметаллических конкреций (ПМК) со дна океана. За последние десятилетия можно отметить общие успехи геологов в открытии и исследовании крупных океанических месторождений полиметаллических руд. Однако **проблема** сдерживания промышленной разработки глубоководных залежей ПМК связана в первую очередь с отсутствием необходимых горных машин для добычи и транспортировки полиметаллических конкреций.

Цель работы заключается в разработке прогрессивных конструкций пилотного машиностроительного комплекса для добычи и подъема ПМК с глубины в 6 км.

Самоходный агрегат сбора предназначен для извлечения из пласта горной массы, ее промывки от илистых донных отложений, а также дробления и транспортировки промытого твердого материала в бункер. Рассматриваемый здесь вариант организации процессов прокачки и перекачки горной массы приведен на рис. 1 и 2 [1–3]. Сбор минерального сырья осуществляется непосредственно секционным колосниковым вибрационным уравнивающим подборщиком 35. Установленный в бункере 5 агрегата сбора конвейер 41 предназначен для доставки промытой горной массы в дробилку 13, а направляющий аппарат 24 обеспечивает ее поступление в загрузочное окно 34 дробилки. Создаваемый насосом 6 поток морской воды используется для транспортировки твердого материала через дробилку 13 и далее в гибком трубопроводе 42. Часть создаваемого данным насосом потока воды выходит через приемный люк 32, расположенный в донной части бункера, в водный бассейн, обеспечивая при этом промывку поступающего в бункер минерального сырья от илистых отложений. Эффективность процессов промывки горной массы, а также транспортирования сырья в трубопроводе 37 и гибкой связи 42 определяется конструкцией насадки 38, присоединенной к нагнетательному трубопроводу насоса 6, и ее удалением от дробилки, выбираемые при проектировании агрегата сбора.

В процессе маневрирования агрегата сбора поворотная муфта 45 снижает нагрузки на гибкий трубопровод 42. Баки плавучести 2 предотвращают критическое проседание агрегата 1 в илистые отложения дна водного бассейна, а поплавки 46 исключают попадание гибкого трубопровода под гусеничные цепи самоходной тележки.

В зависимости от геологической характеристики участка океанического дна, в пределах которого предполагается разработка залежи, передвижение самоходных агрегатов сбора предусмотрено на базе шнековых движителей 12, 13. Одной из функций подводного навигационного модуля 9 является сканирование ландшафта донной поверхности, необходимое для управления движением агрегата сбора.

Запуск агрегата сбора предусматривает приведение в действие насоса 3 и электромеханических приводов 6, 23, 17 и 15, 16 соответственно дробилки 7, конвейера 22, секционного колосникового вибрационного уравнивающего подборщика 18 и шнековых движителей 12, 13, а также полное и частичное открытие задвижек 24 и 10. Шнековые движители обеспечивают движение агрегата сбора. Насос создает основной поток воды, который по нагнетатель-

ному трубопроводу 5, через полностью открытую задвижку 24, поступает в гибкий трубопровод 8. Из основного потока воды трубопровода 5 формируется дополнительный поток, который через патрубок 11, частично открытую задвижку 10, наконечник 25, бункер 2, дробилку 7 и дополнительный патрубок 21 вводится в поток трубопровода 5. Запуск агрегата сбора осуществляется в автоматическом режиме блоком управления 31.

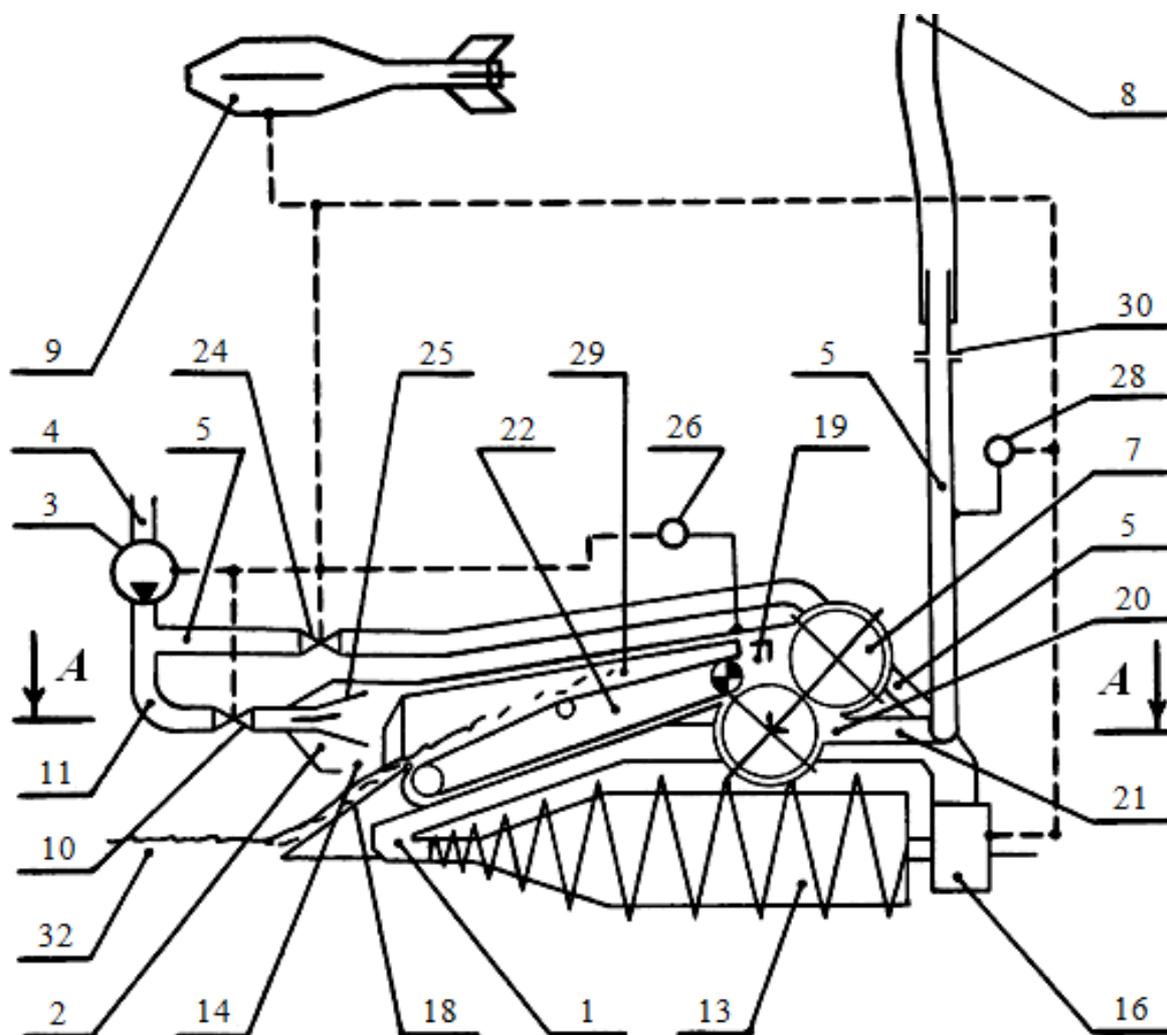


Рис. 1. Самоходный агрегат сбора

После начала движения агрегата сбора при помощи электромеханического привода 17 заглубляют секционный подборщик в слой горной массы 32. Минеральное сырье по этому подборщику через приемный люк 14 перемещается в бункер 2.

Удельный вес полиметаллических конкреций превышает удельный вес ила, входящего в состав разрабатываемого слоя 32. Поступающий в бункер дополнительный поток воды частично выходит через приемный люк в бассейн водоема. Выход части дополнительного потока через люк 14 в окружающую среду при использовании подборщика колосникового типа, обеспечит эф-

фактивное удаление значительного количества ила из собираемой горной массы путем ее промывания. При этом, в бункер будет поступать горная масса с повышенной концентрацией полезных ископаемых.

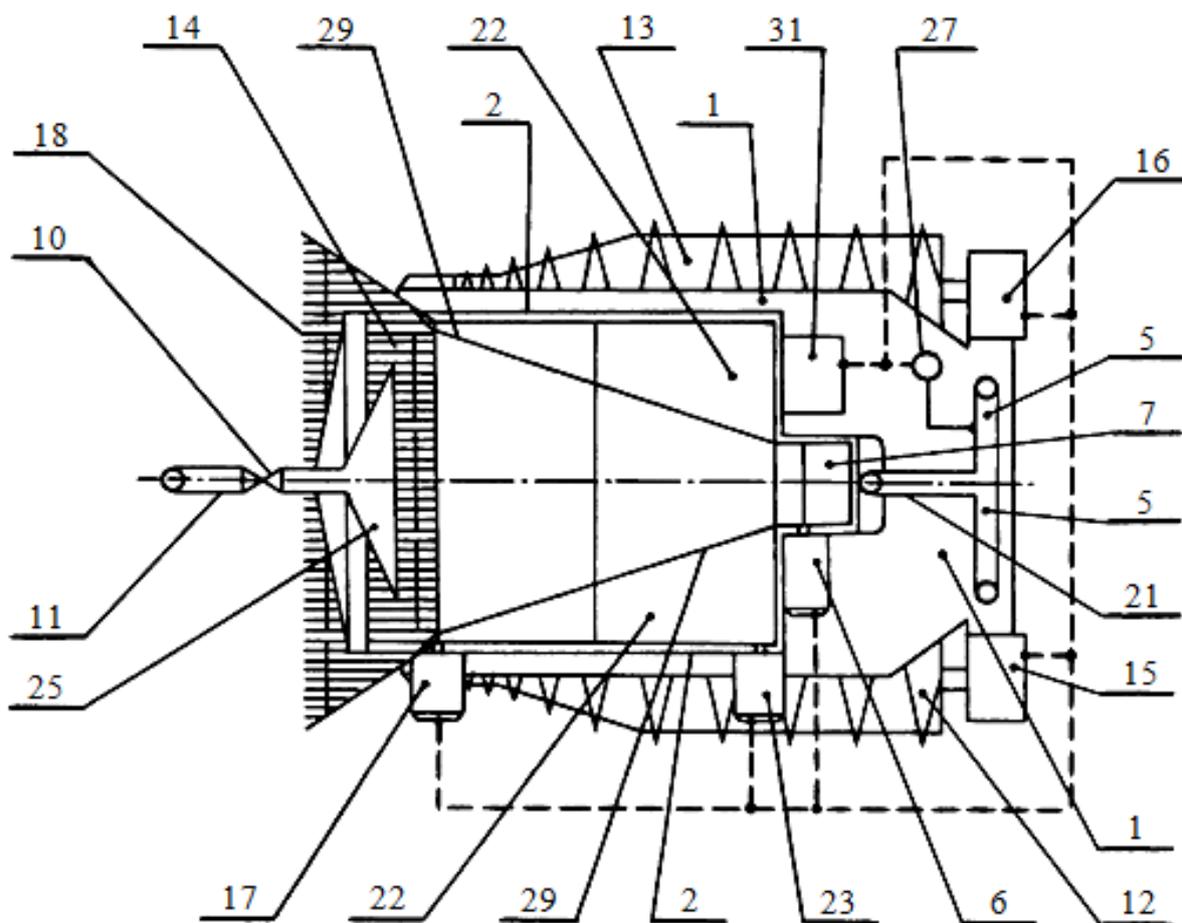


Рис. 2. Самоходный агрегат сбора

Промытая горная масса после поступления в бункер транспортируется при помощи конвейера 22 и дополнительного потока воды в дробилку. Установленный в бункере 2 направляющий аппарат 29 обеспечивает поступление транспортируемого через бункер сырья в загрузочное окно 19 дробилки. После дробления горная масса через выпускное окно 20 дробилки и патрубок 21 поступает в основной поток воды, движущийся в нагнетательном трубопроводе 5. Образованная пульпа далее транспортируется по гибкому трубопроводу 8 в бункер-дозатор.

Регулирование степенью закрытия задвижек 10 и 24 осуществляется с учетом показаний манометров 26 и 27, контролирующих давление соответственно в дополнительном и в основном потоках до их слияния. Поворотная муфта 30 уменьшает нагрузки на гибкий трубопровод при маневрировании агрегата сбора.

Управление движением агрегата сбора реализуется путем регулирования посредством электромеханических приводов 15 и 16 скоростями вращения шнековых движителей 12 и 13. При этом шнековые движители целесообразно

изготавливать полыми для выполнения ими также и функции баков плавучести с целью предотвращения критического проседания агрегата сбора в илистые отложения дна водоема.

В данной конструкции эффективность процессов промывки горной массы, а также введения дополнительного потока воды с измельченной горной массой в основной поток нагнетательного трубопровода 5 определяется конструкцией насадки 25 и ее удалением от загрузочного окна 19 дробилки, выбираемые при проектировании агрегата сбора.

Пульпа при поступлении из гибкого трубопровода в бункер-дозатор теряет скорость, что приводит к осаждению твердой фазы, а образующаяся при этом вода выводится в окружающую среду через патрубок 27 (рис. 3, 4). Изображенное блоком 16 устройство выполняет функции перемешивания в бункере-дозаторе горной массы, а движитель нижнего конца подводящего трубопровода глубоководного эрлифта показан блоком 18.

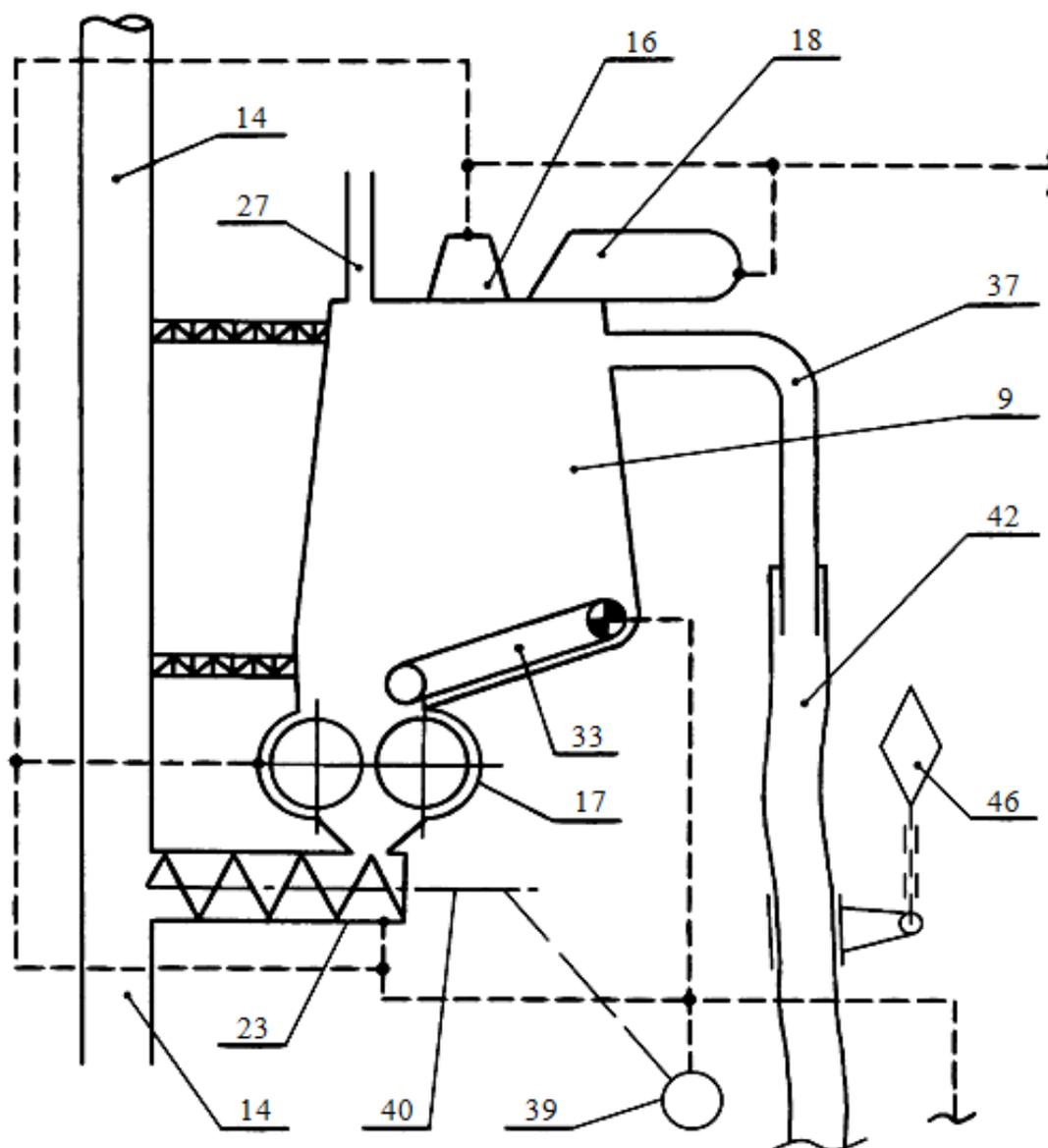


Рис. 3. Бункер-дозатор морского горнодобывающего комплекса

Работа морского добычного комплекса (МГК) предусматривает обеспечение требуемого расхода твердого материала. Подача твердого материала из бункера 9 в подводящий трубопровод 14 регулируется скоростью вращения шнекового питателя 23 и контролируется при помощи тахометра 39, сообщенного с валом 40 питателя. При этом подача сжатого воздуха в смеситель 25 измеряется расходомером 47.

Основными элементами устройства для первичного обогащения минерального сырья (рис. 5) являются установленный в трубопроводе 14 аккумулятор 49, насос 19 со всасывающим 20 и нагнетательным 21 трубопроводами, а также оборудованное лопастями 50 рабочее колесо 51. При этом колесо вращается вокруг установленного на всасывающем трубопроводе 20 наконечника 52.

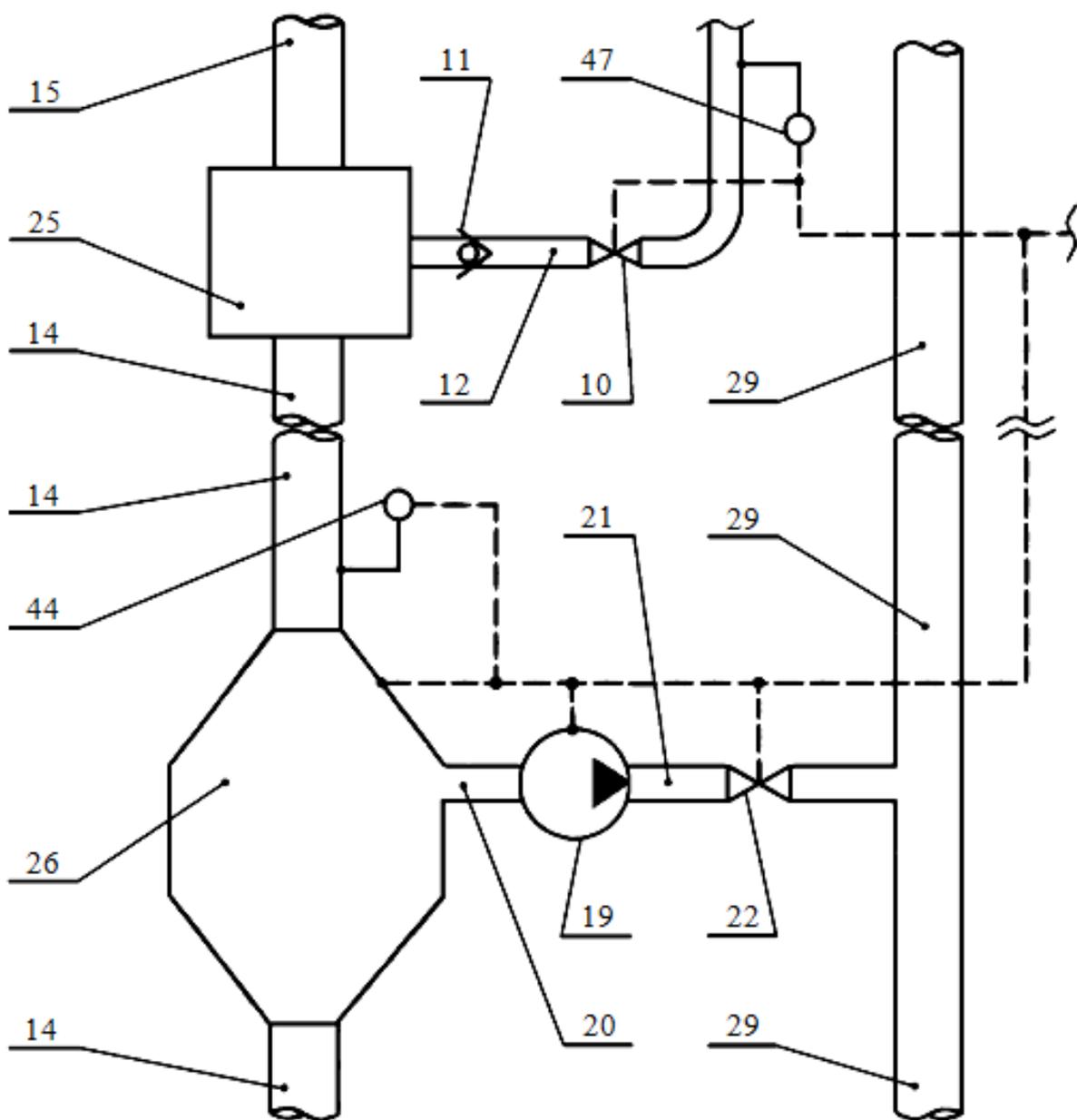


Рис. 4. Бункер-дозатор морского горнодобывающего комплекса

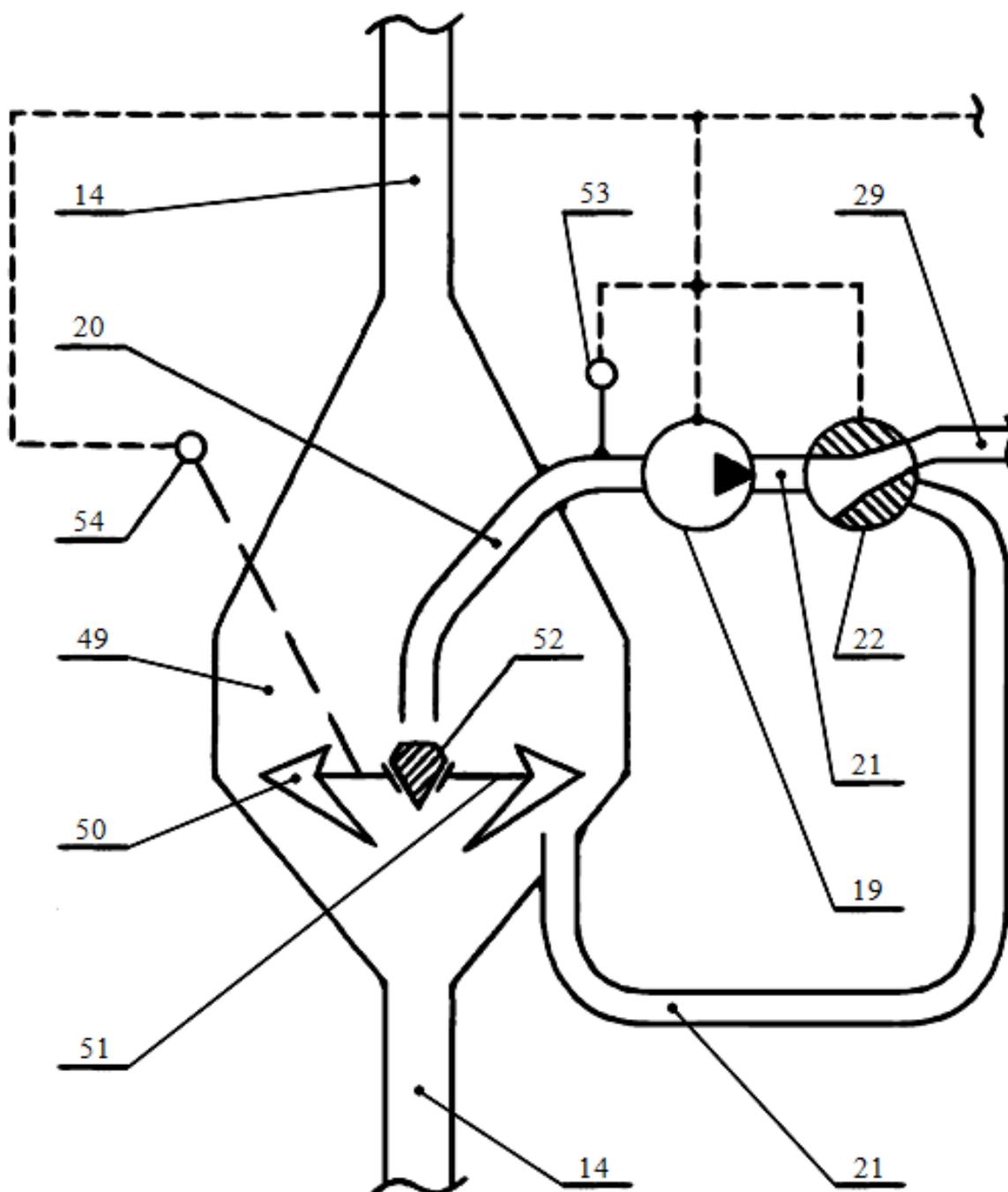


Рис. 5. Устройство для первичного обогащения полезных ископаемых

Движение гидросмеси через аккумулятор 49 приводит к вращению колеса. В процессе прохождения пульпы зоны вращения лопастей 50, под действием центробежной силы происходит классификация твердых частиц по массе. Рудные частицы имеют большую массу и, соответственно, перемещаются на большее расстояние от оси вращения колеса, чем частицы пустой породы. В результате в область входного сечения всасывающего трубопровода насоса 19 поступает гидросмесь с частицами, которые не содержат полезного ископаемого. Перекачиваемая этим насосом гидросмесь, расход которой измеряется датчиком 53, через поворотный кран 22 и систему шламовых трубопроводов 29

отводится в окружающую среду. Рудные частицы продолжают подъем в потоке трубопровода 14 выше аккумулятора 49. Частицы пустой породы, а также илистые отложения, извлекаемые вместе с полиметаллическими конкрециями, отводятся на отработанные участки месторождения, не поднимаясь на поверхность водного бассейна и, соответственно, не изменяют своих природных свойств, что снижает техногенное влияние подводной разработки на флору и фауну океана.

В процессе работы устройства 26 не исключается возможность накопления твердого материала в аккумуляторе 49, что может привести к его заштыбовке. Данный процесс характеризуется снижением скорости вращения колеса 51, о чем свидетельствуют показания тахометра 54. В таких случаях прибегают к периодическим переключениям поворотного крана 21, что приводит к расштыбовке аккумулятора за счет воздействия образуемого насосом 19 потока на лопасти колеса.

Следует отметить, что в условии самоходного агрегата сбора процессы промывки горной массы от илистых отложений, формирования потока пульпы, а также ее транспортирования от агрегата сбора до подводной технологической платформы могут быть осуществлены с использованием только одного насоса. При этом исключается движение твердой фазы через внутренний объем используемого насоса, что существенно повышает надежность системы в целом. Совершенствование насосного модуля состоит в повышении надежности и долговечности установок путем разработки специальных конструкций, исключающих непосредственное взаимодействие твердого материала с лопатками рабочих колес насосных агрегатов. Одно из предложенных решений данной задачи защищено патентом Украины № 88733 [4] и в укрупненном виде раскрыто на рис. 6.

Основными элементами конструкции являются насос 1 со всасывающим 2 и нагнетательным 3 трубопроводами, аккумулятор 4, оборудованное лопастями 5 колесо 6 и шнековый питатель 7. После запуска насоса в аккумулятор начинает поступать гидросмесь. В аккумуляторе за счет снижения скорости пульпы происходит процесс непрерывного осаждения частиц твердой фазы.

Шнековый питатель обеспечивает гарантированную подачу твердой фазы, сосредотачиваемой в нижней части аккумулятора, в поток нагнетательного трубопровода 3. Конструкция наконечника 12 предусматривает уменьшение площади сечения внутреннего канала по ходу движения в нем смеси, что обеспечивает эффективное формирование потока пульпы в трубопроводе 3, после введения в его состав твердой фазы. Донная часть аккумулятора выполнена в форме наклонного желоба 13, что позволяет более эффективно смывать твердый материал со всей донной поверхности аккумулятора и исключить возможность агломерации твердого материала.

Показания консистометров 8, 9 и расходомеров 10, 11 используются для управления расходными параметрами насосной установки.

Вышеприведенные технические решения, реализованные в рамках разработки морского горнодобывающего комплекса, позволяют гарантиро-

ванно исключить забутровку транспортного трубопровода гидроподъема горной массой, повысить надежность работы и производительность комплекса, снизить нагрузку на экосистему и др [5].

Изложенная выше и запатентованная общая структура морского горнодобывающего комплекса предполагает возможность совершенствования оборудования отдельных ее частей.

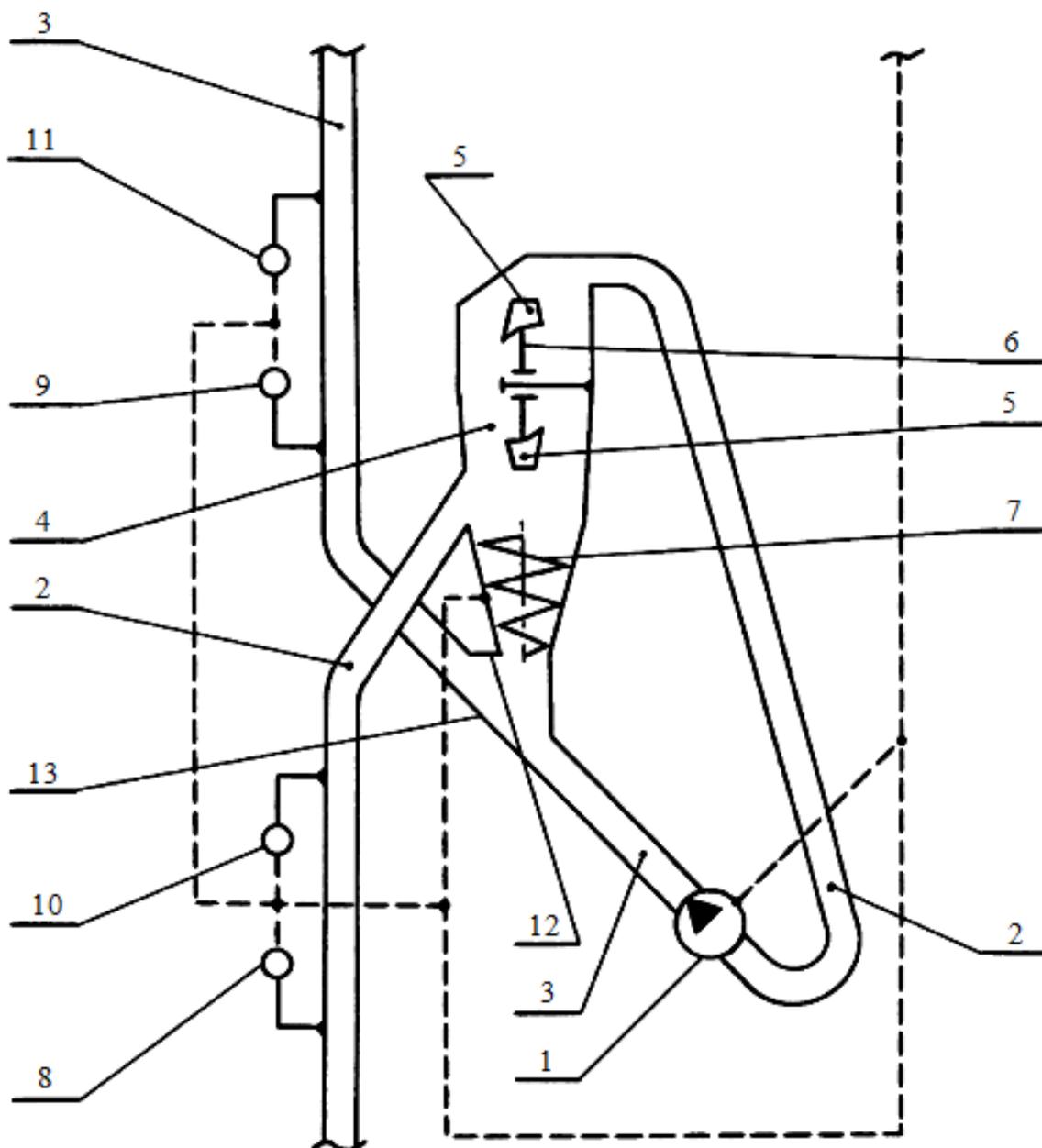


Рис. 6. Устройство насосной системы

Новый научно-технический результат заключается в предложенной перспективной идее, а также разработанной оригинальной конструкции насосного агрегата для транспортирования гидросмесей высоких концентраций без взаимодействия абразивных твердых частиц с рабочим колесом насоса.

Следующие шаги по разработке предложенного комплекса горных машин состоят в проектировании систем управления, согласующих работу описанных модулей и агрегатов в рамках единой системы.

Выводы:

1. На завершающей стадии находится эскизный проект машиностроительного комплекса для добычи и транспортирования полиметаллических руд с глубин до 6000 м, состоящий из донного добычного модуля и системы гидродойома, которые функционально и конструктивно согласуются по основным параметрам и эксплуатационным характеристикам.
2. В составе донного блока организован добычный модуль в виде многофункционального самоходного агрегата сбора, обеспечивающий очистку от ила, дробление и сбора конкреций.
3. Транспортный модуль представлен насосным агрегатом для эффективного прокачивания тяжелых пульп и характеризуется повышенной эксплуатационной надежностью ввиду отсутствия абразивного износа проточных частей.

Список литературы

1. Пат. 89287 Україна, МПК E21C45/00, E21C50/00, F04F1/00. Спосіб збору корисних копалин підводних родовищ та багатофункціональна система для його реалізації / Півняк Г.Г., Франчук В.П., Кириченко Є.О., Єгурнов О.І., Євтеєв В.В.; заявник та патентовласник Національний гірничий університет. – № а200806070; заявл. 12.05.08; опубл. 11.01.10, Бюл. № 1.
2. Пат. 90549 Україна, МПК E21C50/00, F04F1/00. Спосіб безперервного збору корисних копалин підводних родовищ та багатофункціональна система для його реалізації / Півняк Г.Г., Франчук В.П., Кириченко Є.О., Єгурнов О.І., Євтеєв В.В.; заявник та патентовласник Національний гірничий університет. – № а200806066; заявл. 12.05.08; опубл. 11.05.10, Бюл. № 9.
3. Пат. 2460883 Российская Федерация, МПК E21C50/00. Способ непрерывного сбора полезных ископаемых подводных месторождений и многофункциональная система для его реализации / Пивняк Г.Г., Франчук В.П., Кириченко Е.А., Егурнов А.И., Евтеев В.В.; заявитель и патентообладатель Национальный горный университет. – № 2008141576/03; заявл. 16.10.08; опубл. 10.09.12, Бюл. № 25.
4. Пат. 88733 України, F04D7/00, F04D13/06. Гідротранспортна система / Кириченко Є.О., Євтеєв В.В., Кириченко В.Є., Романюков А.В., Татуревич А.А. – Опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21.
5. Кириченко Е.А. Основы проектирования систем гидротранспорта полиметаллических руд Мирового океана [Текст]: моногр. / Е.А. Кириченко, О.Г. Гоман, В.Е. Кириченко, В.В. Евтеев. – Нікополь : ФОП Фельдман О.О., 2014. – 611 с. ISBN 978-966-2421-18-7

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Дриженком А. Ю.
Надійшла до редакції 21.11.2014*